

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-199488

(43)公開日 平成9年(1997)7月31日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/3065			H 0 1 L 21/302	C
C 2 3 C 14/54			C 2 3 C 14/54	D
G 0 5 D 23/19			G 0 5 D 23/19	
H 0 1 L 21/203			H 0 1 L 21/203	Z
21/31			21/31	D

審査請求 有 発明の数 1 O L (全 7 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平9-2181
(62)分割の表示 特願平7-292898の分割
(22)出願日 昭和58年(1983)11月9日

(71)出願人 000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(72)発明者 野口 稔
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内
(72)発明者 大坪 徹
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内
(72)発明者 相内 進
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内
(74)代理人 弁理士 秋本 正実

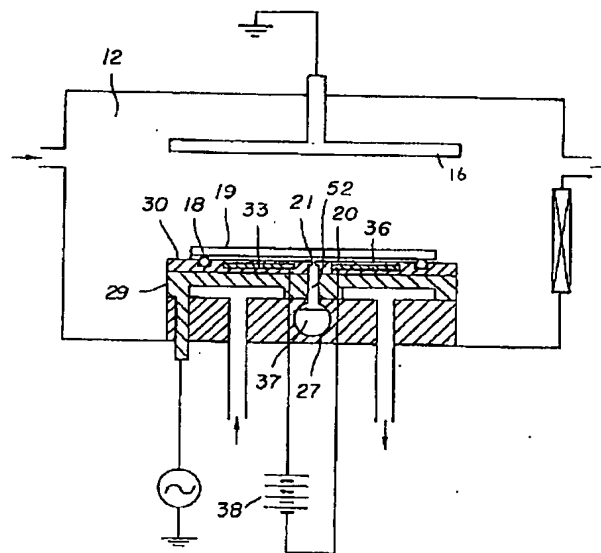
(54)【発明の名称】 処理装置

(57)【要約】

【課題】半導体装置製造時の食刻、成膜、ベーキング処理において、処理中の基体温度を効果的に制御できる処理装置を提供する。

【解決手段】内部を真空に排気する排気手段を備えた処理室12と、該処理室12の内部に設置され上面が凸状に形成された下部電極29と、該下部電極29の凸状の上面に基板19を密着させて保持する絶縁材30と、前記下部電極29と前記基板19との間に冷却用のガスを供給する固体・液体だめ27とを備え、該固体・液体だめ27より前記下部電極29と前記基板19との間に冷却用のガスを供給した時に、前記下部電極29と前記基板19との間隔が前記導入した冷却用のガスの平均自由工程とほぼ同じかまたはそれ以下になるように前記下部電極29の上面の凸形状を形成した。

【図3】



【特許請求の範囲】

【請求項1】内部を真空に排気する排気手段を備えた処理室と、該処理室の内部に設置され上面が凸状に形成された電極手段と、該電極手段の凸状の上面に基体を密着させて保持する保持手段と、前記電極手段と前記基体との間に冷却用のガスを供給するガス供給手段とを備え、該ガス供給手段より前記電極手段と前記基体との間に冷却用のガスを供給した時に、前記電極と前記基体との間隔が前記導入した冷却用のガスの平均自由行程とほぼ同じかまたはそれ以下になるように前記電極手段の上面の凸形状を形成したことを特徴とする処理装置。

【請求項2】前記ガス供給手段より前記電極と前記基体との間に供給される冷却用のガスの圧力が、100Paよりも大きいことを特徴とする請求項1に記載の処理装置。

【請求項3】前記ガス供給手段より前記電極と前記基体との間に供給された冷却用のガスのうち、前記処理室内に漏出したガスを、前記排気手段で排気することを特徴とする請求項1に記載の処理装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【産業上の利用分野】本発明は、例えば、半導体ウエハなどの基板に、ドライエッチングあるいは、蒸着、スパッタリングなどの処理を行う処理装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】たとえば、半導体装置の製造工程において、成膜工程として蒸着あるいはスパッタリングを行う場合、粒径、反射率、比抵抗及び硬度が適切である良好な膜質を得るためには、基板のベーキング中、及び、成膜中の基板温度を適切に制御する必要がある。特に粒径、反射率は、成膜中の基板の温度の影響が大きい。

【0003】また、上記膜上に露光、現像によりレジストパターンを形成し、ドライエッチングで上記膜をレジストパターン通りに食刻する際にも基板の温度の制御が必要である。これは、基板の温度を制御することで、レジストが耐熱性に乏しいことから生じるレジストの熱的な損傷を防ぎ、忠実なパターンを食刻することが可能になるからである。

【0004】しかし、基板の温度を、基板支持台と同じ温度にするように制御しても、真空中では基板と支持台との熱的接触が十分ではないため、真空中で基板の温度を制御することは難しい。

【0005】そこで、従来から基板と基板支持台との2面間の熱的接触を大きくするため、基板を支持台に機械的に押え付けるか、あるいは、静電的な力により基板を支持台に吸着させるかなどの方法が提案されている。しかし、このような方法によっても、基板と支持台の2面間の熱的接触は、2面間に介在する気体分子によるところが大きく、純粋な固体間での熱のやりとりは、上記の

押え付け圧力程度では気体分子による熱のやりとりと比べて無視できる程度に小さいため、十分な効果は得られていない。

【0006】そこで、基板と支持台との間に気体分子を介在させることにより、熱的接触を大きくしようとする装置が、特開昭56-103442に提案開示されている。

【0007】この装置における基板の温度制御部は、図6に示すように、支持台5にスペーサ9を介して基板3が接近配置され、数個のクリップ4により支持される。支持台5には、冷却もしくは加熱機構をそなえた温度制御装置6が設けられている。処理室1は、排気口2を通して圧力が1Pa程度になるよう排気される。

【0008】同時に、気体導入口7よりアルゴンが導入され、このガスは温度制御装置6と基板3の間を流れ、矢印8に示すように処理室1内に流入する。この時、基板3と温度制御装置6との空間10内の圧力は、10～100Paになるように制御される。

【0009】従って、基板3は、温度制御装置6から流出する100Pa程度の圧力を持つ介在ガスの熱伝達に助けられ温度制御される。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】たとえば、直径100mm、厚さ0.45mmのシリコン基板を温度制御する場合、その時定数は20秒程度にもなる。このような状況で、印加電力500Wのドライエッチングを行なうと、温度制御装置から流出するガスとシリコン基板表面との温度差は130°Cにもなり、レジストが熱的損傷を受け、良好な処理を行うことができない。

【0011】上記の事情に鑑み、本発明の目的は、半導体装置製造時の食刻、成膜、ベーキング処理において、処理中に基体温度を効果的に制御して、良好な処理が行えるようにした処理装置を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明においては、内部を真空に排気する排気手段を備えた処理室と、該処理室の内部に設置され上面が凸状に形成された電極手段と、該電極手段の凸状の上面に基体を密着させて保持する保持手段と、前記電極手段と前記基体との間に冷却用のガスを供給するガス供給手段とを備え、該ガス供給手段より前記電極手段と前記基体との間に冷却用のガスを供給した時に、前記電極と前記基体との間隔が前記導入した冷却用のガスの平均自由行程とほぼ同じかまたはそれ以下になるように前記電極手段の上面の凸形状を形成した。

【0013】基体と電極手段との温度差を小さくし、基体の温度制御の応答速度を速くするためには、基体と電極手段との間を単位時間、単位温度差当りに流れる熱量（以下単位熱流量と言う。）を大きくする必要がある。単位熱流量を大きくするには、圧力を上げ、同時に、2

面間の距離をその圧力下でのその気体の平均自由行程以下にする必要がある。

【0014】処理中の基体温度は次の式に従って経時変化する。

$$(1) T_w = (1 - \exp(-kt/C)) Q_i / k + T_o$$

ここで、 T_w は基体温度、 C は基体の熱容量、 k は単位熱流量、 Q_i は処理時に単位時間当り基体に与えられる一定熱量、 T_o は電極手段の温度、 t は時間であり、 $t=0$ において $T_w=T_o$ としている。

【0015】また、電極手段の温度が定常値 T_o にあり、基体の初期温度 $T_{wo} \neq T_o$ の時は次の式に従う。

$$(2) T_w = (T_{wo} - T_o) \exp(-kt/C) + T_o$$

以上、いずれの場合も、基体の温度制御の応答速度は、基体の熱容量 C と、2面間の単位熱流量 k にのみ依存する。 C の値は基体固有の値で、たとえば、直径100mm、厚さ0.45mmのシリコン基板では約 $6.2 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ である。従って、基体と電極手段の温度差を小さくし、基体の温度制御の応答速度を速くするには、単位熱流量を大きくする必要がある。

【0016】ところで、2面間に窒素を介在させ、その圧力を変えた時、単位熱流量がどう変化するかを示す実測値を図5に示す。なお、基体はシリコンで、表面を薄い酸化シリコンで覆い、その支持材としては、研磨したアルミニウムを用い、表面を十分に洗浄して、2面間には、直径100mm当り1kgの荷重をかけた。

【0017】曲線が、原点を通る直線に近く、この条件下では純粋に固体間だけの熱伝達は無視できることが証明される。すなわち、固体2面間に力学的な接触があっても、熱的な接触の大部分は2面間に介在する気体によるものである。また、介在気体の圧力を従来装置における値100Paより大きくすると単位熱流量が増すことがわかる。

【0018】以上の実測値は、以下の理論式に従うものである。すなわち、2面間を単位時間当りに通過する熱量「 dQ/dt 」は次の式に従う。

$$(3) dQ/dt = k_1 (T_w - T_o) p \quad (e \ll \lambda)$$

$$(4) dQ/dt = k_2 (T_w - T_o) e \quad (e \gg \lambda)$$

ここで、 k_1 、 k_2 は定数、 T_w 、 T_o はそれぞれ基体、支持材の温度、 e は2面間の距離、 p は介在気体の圧力、 λ はその圧力下での平均自由行程である。この式は、圧力が低く平均自由行程が十分長い条件下では、「 dQ/dt 」は p に比例し、圧力が高く平均自由行程が十分短くなると「 dQ/dt 」は e に比例することを示している。

【0019】従って、2面間に介在する気体の圧力を上げ、かつ、2面間の距離をその圧力下での平均自由行程程度以下にする機構を設けることによって、単位熱流量は大きくできる。

【0020】ところで、従来の装置においては、 p は100Pa程度であるから λ の平均自由行程 λ は約50 μm である。したがって、間隔は50 μm 程度まで小さくすることが望ましいが、図6に示すように、100Paの圧力差により基板3の中央部が符号11のごとく膨らむ。例えば、直径100mm厚さ0.45mmのシリコンウエハにおいては、100Paの圧力差により中央部の膨らみ量は150 μm に達する。したがって、平均自由行程である50 μm を越え、さらに圧力を上げて単位熱流量を増すことはできない。

【0021】

【実施の形態】以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。まず、基板を例にその温度制御の原理を図1に基づいて説明する。基板19の支持台17と、基板19を保持するための保持手段23と、基板19と支持台17とで形成される空間20に気体を導入するための気体導入手段52を有する基板温度制御装置において、支持台17と基板19との距離を、導入した気体の圧力下におけるその気体の平均自由行程以下にする機構を設け、これにより、半導体装置製造時の食刻処理等において、処理中の基板温度を効果的に制御しうる。

【0022】このような原理に基づく装置は、基本的には、処理室12、表面が研磨された凸面である下部電極17及び上部電極16から構成される平行平板型のドライエッチング装置である。本実施例においては下部電極17が支持台となる。

【0023】処理室12は、排気口13を介して真空排気系（図示せず）に接続されている。処理室12にはガス導入口24を介して反応ガスが導入される。また、処理室12には適宜の位置に基板20を出し入れするための取入取出口14が設けられている。

【0024】上部電極16と下部電極17の間には高周波電源25が接続されている。下部電極17には、液体熱媒体が流れる流路48、ポンプ42、液体熱媒体の温度制御装置43が設けられている。また、オリフィス21、バルブ15を介して熱伝達用ガスのガスだめ26が設けられている。ガスだめ26には、流量調節バルブ45を介してガスボンベ44が、また流量調節バルブ46を介してロータリーポンプ47が接続されている。

【0025】基板の保持手段23はセラミックなどの絶縁材で作成されていて、バネ39を介してボールネジ40及びモータ41に接続されている。基板19と下部電極17の間にはOリング18が設けられていて、Oリング18は、基板19と下部電極とで形成される空間20を処理室12から封止している。

【0026】以上の構成において、下部電極17は、適切な一定温度に保たれた液体熱媒体が循環されることにより、一定温度に保たれる。液体熱媒体としては、20℃に保たれた水を用いるが、目的に応じ、温度制御された水以外の流体を用いても良い。また、下部電極17

は、電気抵抗を用いて温度制御しても良い。

【0027】基板19は、モータ41とボールネジ40とによって昇降する基板保持手段23によって下部電極17に押えつけられる。この時、バネ39は、基板19を常に一定の加重で押える役目、すなわち機械的接触を生じさせる機構をなす。

【0028】また、ガスだめ26は、流量調節バルブ45、46、ガスポンプ44及びロータリーポンプ47により常に一定の圧力に保たれ、熱伝達用気体で満たされている。空間20には、ガスだめ26からオリフィス21を介して熱伝達用ガスが導入される。すなわち、気体導入手段はガスだめ26と気体導入口となるオリフィス21とからなっている。

〔数1〕

$$W = \frac{(1 - \nu^2) p}{16 E h^3} (a^2 - r^2) \left(\frac{5 + \nu}{1 + \nu} a^2 - r^2 \right)$$

【0032】ここで、E、 ν はそれぞれシリコンのヤング率及びポアソン比、h、aはそれぞれ基板19の厚さ及び半径、pはガスの圧力である。

【0033】そこで、下部電極17の凸面を予め上記の式に従う形の曲面、あるいは、それ以上ふくらんだ曲面に加工しておく。この時、基板19は基板支持具23により押えられているため凸面に沿って変形し応力を持つ。

【0034】この時、ガス圧によって基板19が受ける力は、基板19が持っている応力と等しいかまたは小さいため、基板19はガス圧によりすでに持っているひずみ以上のひずみを生じることがなく下部電極17に沿って機械的に接触したままである。また、下部電極17の表面は、表面粗さ6-S以下に研磨されている。そのため、2面間の距離は全面にわたって700Paにおけるヘリウム平均自由行程30 μ mより十分小さく保たれる。

【0035】ここで、純粋に固体間の熱的接触は無視できることを考えると、熱的接触は全面にわたって均一である。従って、十分な熱的接触が実現し、単位熱流量を十分大きくできる。

【0036】また、前記装置においては、空間20に熱伝達用のガスを導入するため導入手段として、オリフィス21を設けている。このオリフィス21は、ヘリウムに対するコンダクタンスが約1 $\times 10^6$ m³/secになるように、直径を約40 μ mにしてある。基板17が載置されていない場合に、ガスだめ26からこのオリフィスを通して圧力差700Paの処理室12に流出するガス量は、7 $\times 10^4$ Pa \cdot m³/sec程度である。これは、反応ガス導入口24から導入される反応ガス導入量8 $\times 10^2$ Pa \cdot m³/secに対し十分小さい。したがって、空間20と処理室12との封止に洩れが発

【0029】次に、前記装置における処理中の基板温度制御がどのように行なわれているか、熱伝達用ガスとしてヘリウムを用い、基板が直径100mm厚さ0.45mmのシリコン基板の場合を例にして説明する。

【0030】基板19が載置された後、従来例より1桁大きい700Pa程度の圧力のガスだめ26からヘリウムガスが導入される。700Paの圧力を持つガスが導入された時、基板19は中央が、約800 μ m凸状にふくらむ。また、基板中心から半径方向にrの距離にある点の変化量wは、次の式に従う。

【0031】

〔数1〕

生しても、処理に対し悪影響を及ぼすことがないため、本実施例による温度制御機構の信頼性が向上することになる。また、このオリフィスをつけることで、Oリング18による封止をなくすることも可能であり、同時に、基板19の搬入、搬出を処理室12の真空を破壊しないで行う場合でもバルブ15が不必要になる。

【0037】ここで、基板19が載置された後、空間20がガスだめ26と同じ圧力になるまでに要する時間が十分短い必要がある。空間20の体積をV、オリフィスのコンダクタンスをC、ガスだめ26内の圧力をP₀とした時、空間20の圧力pは次の式に従う。

【0038】

$$(6) p = P_0 (1 - \exp(-Ct/V))$$

ここで、空間20は、大きくても厚さ100 μ mの円筒であるため、V=7.8 $\times 10^7$ m³であるからpの応答の時定数は約1secとなり、十分早い応答となる。

【0039】前記の装置構成において、200W～500Wの高周波電力を印加した時にプラズマから受ける熱量によって昇温する基板19の昇温曲線を図2に示す。ここで、応答速度の時定数は約3secとなり十分良好な制御特性を示す。また、下部電極17との温度差もそれぞれ8 $^{\circ}$ C、20 $^{\circ}$ Cにおさえられている。

【0040】また、レジストの耐熱温度が約120 $^{\circ}$ Cであるから、この装置では、付加高周波電力を2.5KWまで大きくすることが可能ということになる。

【0041】本発明の実施例を図3に基づいて説明する。この実施例においては、特公昭57-44747号公報に開示された静電気力による吸引を利用して基板19の支持を行っている点、及び、熱伝達用のガスに、液体固体だめ27内の液体あるいは固体37の蒸気を利用している。

【0042】静電気による吸引力を利用した装置は、互

いに絶縁された複数(図3においては2つ)の電極33、36間に直流電源38から極性の異なる直流電圧を印加することで、基板19と2つの電極33、36との間に閉回路が構成され、プラズマを形成することなく基板19を静電吸着することができる。従って、プラズマを使用しない基板19のベーキング工程においても、基板19を静電吸着することができる。この静電気による吸引力のために、基板19は全面にわたって約 10 g/cm^2 の力で吸引され、全面にわたって絶縁材30との間に機械的な接触が生じる。

【0043】この時、基板19と下部電極29上の絶縁材30との間にできた空間20と処理室12とを封止するためのオリフィス18が設けられていること、及び、空間20への気体の導入手段としてオリフィス21が設けられている。本実施の形態では絶縁材30が支持台となる。

【0044】ここで、熱伝達用ガスを発生する気体あるいは固体の蒸気圧が、温度制御された下部電極29と等温の時、700Pa程度の圧になるよう液体あるいは固体を選ぶ。

【0045】本実施の形態においては、熱伝達用のガスとして、1、1、2、2-テトラクロロエタンを用いているため、常温で700Pa程度になる。ここで、使用する液体・固体は1、1、2、2-テトラクロロエタンに限らず他の蒸気圧を持った液体・固体であっても良い。

【0046】この時の平均自由行程は $3\mu\text{m}$ となるので、絶縁物30の表面は0.8S以下に研磨しておく必要がある。また、絶縁材30に軟質の有機化合物を用い、基板19の下面の形状に沿って柔軟に変形させることによって、2面間を平均自由行程より小さくできる。

【0047】この時、機械的には接触している2面間には、気化したガスが介在し、2面間の距離はこの時のガスの平均自由行程である $3\mu\text{m}$ よりも十分小さくなる。その結果、2面間の熱的接触は十分大きくなり、単位熱流量も大きくなる。

【0048】また、空間20内を1sec程度で700Paにするために、オリフィス21の1、1、2、2-テトラクロロエタンに対するコンダクタンスが $1 \times 10^{-6}\text{ m}^3/\text{sec}$ になるよう直径 $90\mu\text{m}$ にしてある。

【0049】以上の装置における基板19の昇温曲線を図4に示す。300Wの高周波電力を付加してドライエッチングを行った場合の例である。時定数は5secとなり十分な値となっている。またこの装置においては熱伝達用のガスのガス流およびガス圧の制御をする必要がなく、構造が簡単になるという利点がある。

【0050】また、基板19と支持台との距離を小さくするための装置として特開昭56-131930号公報に開示された、ウェハ温度コントロール装置を用いても同様の効果が期待できる。

【0051】また、支持台もしくは支持台表面を軟質の有機化合物で構成することは、2面間の距離を小さくする上で大きな効果がある。

【0052】以上の2つの例は、いずれも本発明をドライエッチング装置に適用した例であるが、スパッタリング、蒸着などの成膜装置あるいは、基板のベーキング装置に適用しても同等の効果が期待でき、その他の電極手段や基板の温度制御を必要とする真空装置にも適用できることは容易に類推できる。

【0053】以上の実施の形態によれば、基板と支持台との間に介在するガス圧を十分上げた上で、2面間の距離を、そのガス圧でのガスの平均自由行程より小さくできるので、2面間の単位時間、単位面積、単位温度差当りの熱流量を、従来の $50\text{ W} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^2$ から $250\text{ W} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^2$ に向上することができる。その結果、処理時の基板と支持台との温度差と、基板温度制御の時定数を、それぞれ、従来の値の5分の1程度に小さくすることができる。

【0054】なお当然のことではあるが本発明範囲は以上の実施例に限定されるものではない。

【0055】

【発明の効果】本発明によれば、半導体装置の食刻、成膜、ベーキング処理等において、処理中の基体温度を効果的に制御することができ、良好な処理を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による基板処理装置の縦断面図

【図2】図1に示す基板処理装置における基板の昇温曲線を示した特性図

【図3】本発明による基板処理装置の他の形態を示す縦断面図

【図4】図3に示す基板処理装置における基板の昇温曲線を示した特性図

【図5】2面間を流れる熱量と介在気体圧力の関係を示した特性図

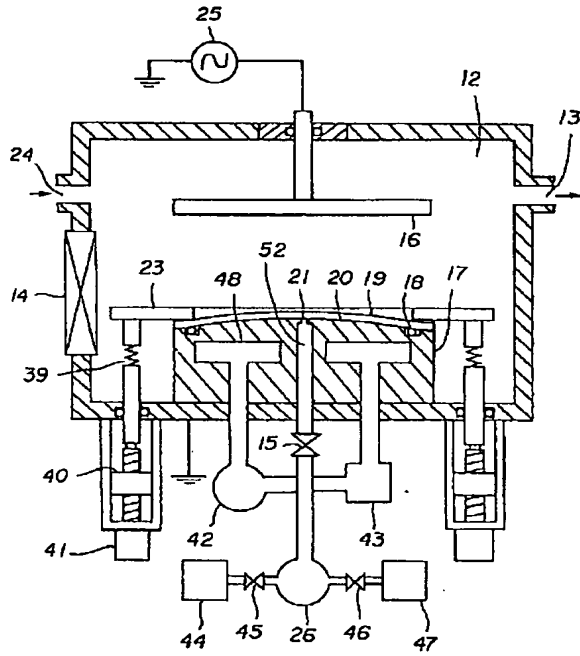
【図6】従来の基板温度制御装置の縦断面図

【符号の説明】

1…処理室、3…基板、4…クリップ、5…支持台、6…温度制御装置、7…気体導入口、8…流れ、9…スパーサ、10…空間、12…処理室、17…支持台(下部電極)、18…オリフィス、19…基板、20…空間、21…気体導入口(オリフィス)23…保持手段、26…ガスだめ、27…液体固体だめ。

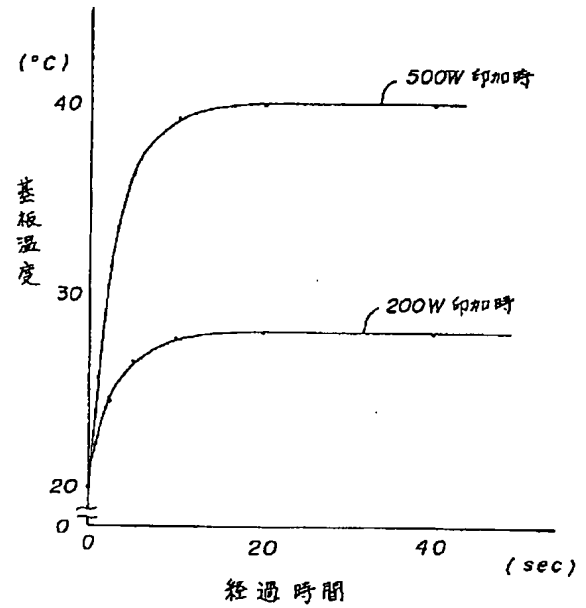
【図1】

(図1)



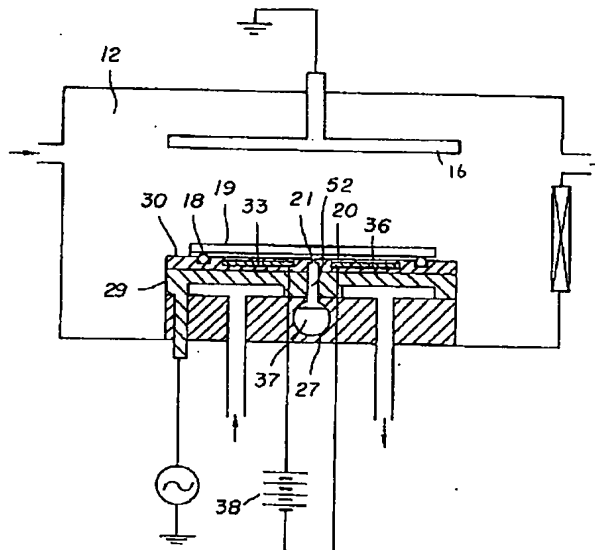
【図2】

(図2)



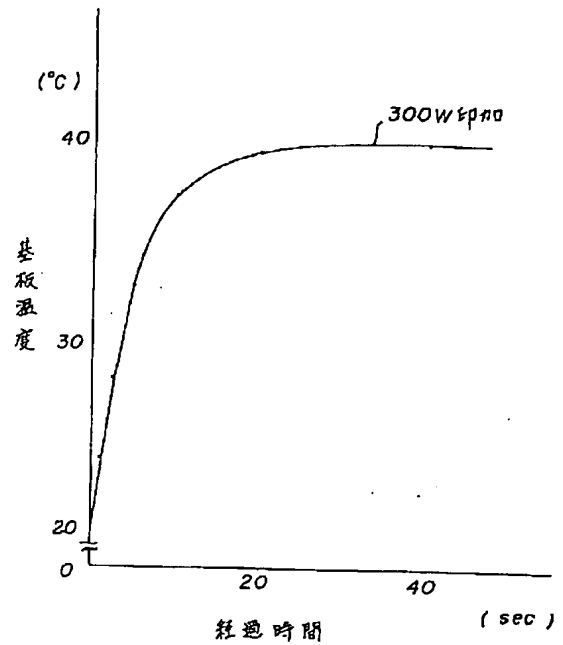
【図3】

(図3)



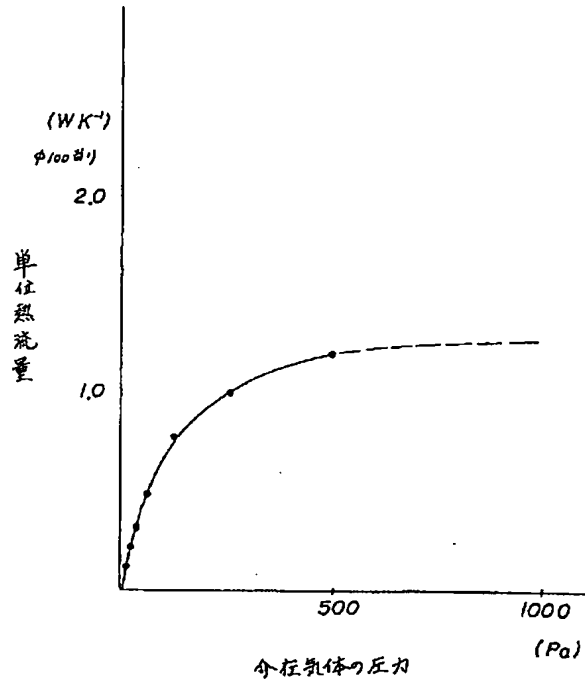
【図4】

(図4)



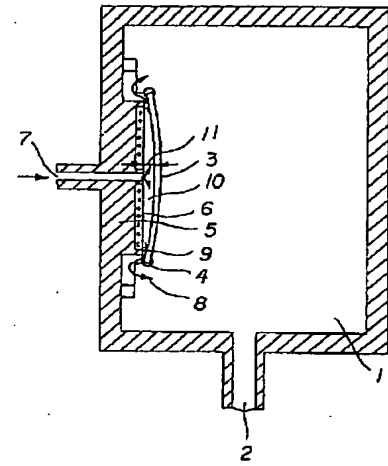
【図5】

【図5】



【図6】

【図6】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁶

H01L 21/68

H05H 1/46

識別記号

庁内整理番号

FI

H01L 21/68

H05H 1/46

技術表示箇所

R

M